

УДК 551.501

*Приводиться один з підходів до вибору оптимальної структури галузевої системи для проектування, заснований на методі експертних оцінок і критеріїв, описаних у вигляді нечіткої безлічі з діленням на групи*

*Приводится один из подходов к выбору оптимальной структуры отраслевой системы для проектирования, основанный на методе экспертных оценок и критериев, описанных в виде нечетких множеств с делением на группы*

*One of approaches to a choice of optimum structure of branch system for the designing, based on a method of expert estimations and the criteria described in the form of indistinct sets with division into groups is led*

# ПОДХОД К ВЫБОРУ ОПТИМАЛЬНОЙ СТРУКТУРЫ ОТРАСЛЕВОЙ ГИДРО- МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ НА ОСНОВЕ НЕЧЕТКИХ КРИТЕРИЕВ

**Ю. В. Доронина**

Кандидат технических наук, доцент\*

Контактный тел.: 8 (0692) 23-53-64, 8 (0692) 23-51-00

E-mail: juvado@rambler.ru

**М. Р. Валентюк**

Аспирантка\*

Контактный тел.: 8 (0692) 45-12-27, 8-068-478-34-32

E-mail: mvalent85@gmail.com

\*Кафедра информационных систем

Севастопольский Национальный технический университет

ул. Университетская, г. Севастополь, 99053

## 1. Введение

Создание сложных отраслевых автоматизированных систем, безусловно, сопряжено с проблемой выбора оптимального варианта их структуры. В исследуемой задаче рассматривается отраслевая гидрометеорологическая автоматизированная система контроля данных морских прибрежных наблюдений [1]. Особенности этой системы являются: постоянный и непрерывный поток контролируемых параметров окружающей среды, особая важность данных для обеспечения безопасности жизнедеятельности и составления прогноза погодных явлений, пространственная неоднородность и другие. Функционирующие разрозненные программные модули не отражают современных требований к системам подобного ранга. В связи с этим, предложенный метод оптимального выбора структуры проектируемой системы, является актуальным.

## 2. Постановка задачи

Пусть  $V = \{v_1, v_2, \dots, v_n\}$  – множество вариантов, которые подлежат вариантному анализу, а

$Q = \{q_1, q_2, \dots, q_m\}$  – множество количественных и качественных критериев, которыми оцениваются варианты.

Для отраслевой гидрометеорологической системы выбрано пять основных вариантов. Первый вариант структуры характеризуется наличием подсистемы управления датчиками на этапе сбора гидрометеорологических данных. Второй вариант наличие блока визуального критического контроля. Третий вариант – с ручным вводом данных в гидрометеорологические таблицы (ТГМ), четвертый – с автоматической фильтрацией данных, и, наконец, пятый вариант – с возможностью выбора подсистемы хранения данных.

Таким образом:

$v_1$  – система с управлением датчиками на этапе сбора данных;

$v_2$  – система с визуальным критическим контролем;

$v_3$  – система с ручным вводом данных в ТГМ;

$v_4$  – система с автоматической фильтрацией данных (без ручного внесения изменений);

$v_5$  – система с возможностью выбора подсистемы хранения.

На рис. 1 приведена схема варианта 5.

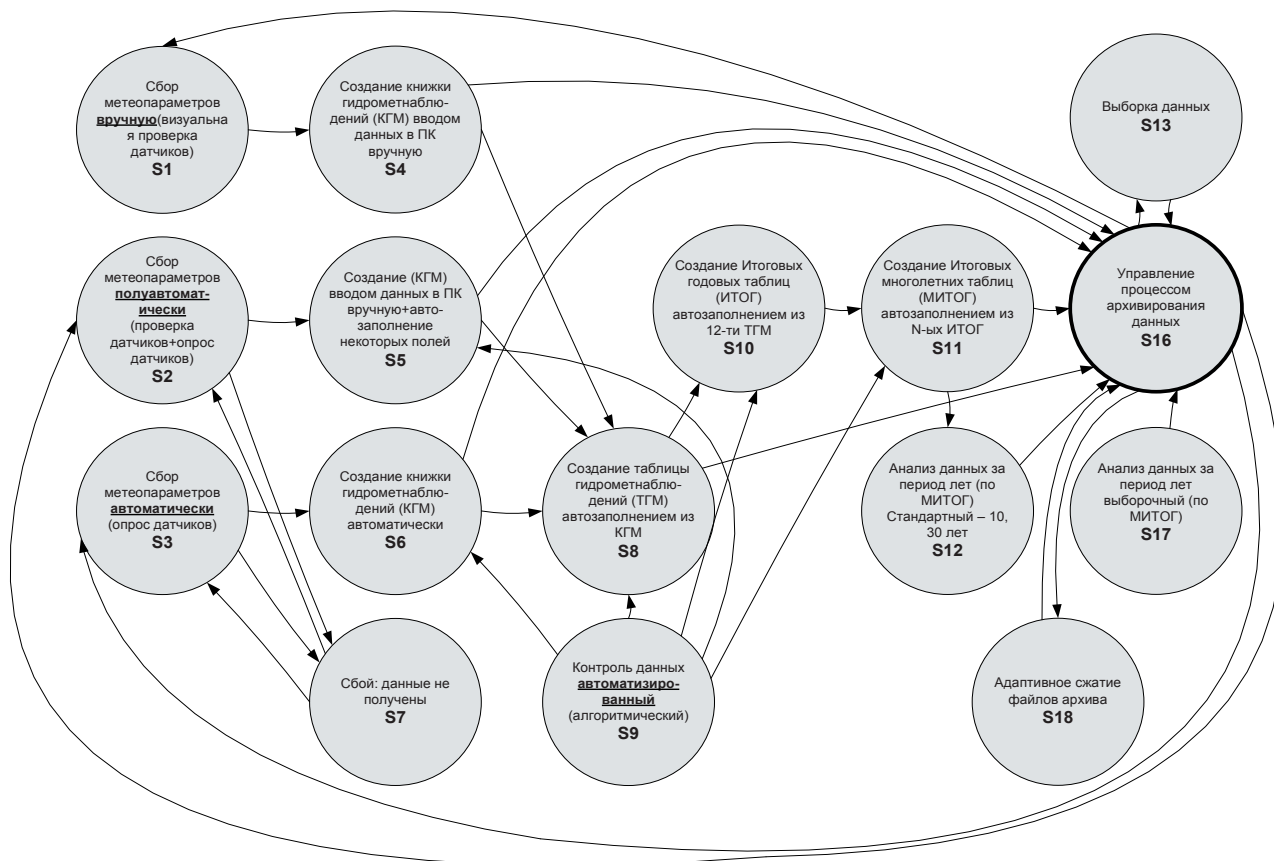
**V<sub>5</sub> – система с возможностью выбора подсистемы хранения**

Рис. 1. Схема пятого варианта

Для выбора оптимальной структуры автоматизированной отраслевой системы необходимо применить вариантный анализ по следующим группам критериев:

- 1 – надежность данных в целом;
- 2 – экономические критерии;
- 3 – доступ к данным;
- 4 – взаимодействие с данными;
- 5 – иерархическое отраслевое взаимодействие.

Обозначим каждый из критериев -  $q_j^i$ , где  $i$  – номер группы критерия,  $j$  – номер критерия в группе.

По первой группе критериев  $q_1^1$  имеет некоторое преимущество перед критериями  $q_2^1$  и  $q_3^1$ . В свою очередь  $q_2^1$  имеет преимущество перед  $q_3^1$ .

Задача состоит в том, чтобы упорядочить элементы множества  $V$  по критериям из множества  $Q$ . Решение этой задачи состоит из следующих этапов:

1. Рассмотрение критериев как нечетких множеств, которые заданы на универсальных множествах вариантов с помощью функции принадлежности.

2. Определение функций принадлежности нечетких множеств на основе экспертной информации о парных сравнениях вариантов с помощью 9-тибальной шкалы Саати.

3. Ранжирование вариантов на основе пересечения нечетких множеств – критериев, которые отвечают известной в теории принятия решения схеме Белмана–Заде.

4. Ранжирование критериев методом парных сравнений и учет полученных рангов как степеней кон-

центрации соответствующих функции принадлежности [2].

### 3. Направление исследований

На первом этапе определялись глобальные критерии по внешней группе критериев (без учета критериев в подгруппах). Сравнение структур по критериям осуществлялись экспертами в области гидрометеорологии и экономики.

Экспертным высказываниям соответствуют следующие матрицы парных сравнений:

$$A(q_j^1) = \begin{matrix} & v_1 & v_2 & v_3 & v_4 & v_5 \\ \begin{matrix} v_1 \\ v_2 \\ v_3 \\ v_4 \\ v_5 \end{matrix} & \begin{bmatrix} 1 & 1/5 & 2 & 5 & 9 \\ 5 & 1 & 2 & 7 & 9 \\ 1/2 & 1/2 & 1 & 7 & 9 \\ 1/5 & 1/7 & 1/7 & 1 & 7 \\ 1/9 & 1/9 & 1/9 & 1/7 & 1 \end{bmatrix} \end{matrix},$$

$$A(q_j^2) = \begin{matrix} & v_1 & v_2 & v_3 & v_4 & v_5 \\ \begin{matrix} v_1 \\ v_2 \\ v_3 \\ v_4 \\ v_5 \end{matrix} & \begin{bmatrix} 1 & 1/9 & 1/5 & 3 & 4 \\ 1/9 & 1 & 2 & 9 & 9 \\ 5 & 1/2 & 1 & 7 & 7 \\ 1/3 & 1/9 & 1/7 & 1 & 5 \\ 1/4 & 1/9 & 1/7 & 1/5 & 1 \end{bmatrix} \end{matrix},$$

$$\begin{aligned}
 A(q_j^3) &= \begin{matrix} & v_1 & v_2 & v_3 & v_4 & v_5 \\ \begin{matrix} v_1 \\ v_2 \\ v_3 \\ v_4 \\ v_5 \end{matrix} & \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 4 & 7 \\ 1 & 1 & 1 & 5 & 7 \\ 1 & 1 & 1 & 5 & 7 \\ 1/4 & 1/5 & 1/5 & 1 & 2 \\ 1/7 & 1/7 & 1/7 & 1/2 & 1 \end{bmatrix} \end{matrix} \\
 A(q_j^4) &= \begin{matrix} & v_1 & v_2 & v_3 & v_4 & v_5 \\ \begin{matrix} v_1 \\ v_2 \\ v_3 \\ v_4 \\ v_5 \end{matrix} & \begin{bmatrix} 1 & 1/5 & 1/3 & 2 & 2 \\ 5 & 1 & 2 & 4 & 5 \\ 3 & 1/2 & 1 & 3 & 6 \\ 1/2 & 1/4 & 1/3 & 1 & 1/2 \\ 1/2 & 1/5 & 1/6 & 2 & 1 \end{bmatrix} \end{matrix}, \\
 A(q_j^5) &= \begin{matrix} & v_1 & v_2 & v_3 & v_4 & v_5 \\ \begin{matrix} v_1 \\ v_2 \\ v_3 \\ v_4 \\ v_5 \end{matrix} & \begin{bmatrix} 1 & 1/7 & 1/3 & 2 & 1 \\ 7 & 1 & 1/3 & 3 & 4 \\ 3 & 3 & 1 & 5 & 6 \\ 1/2 & 1/3 & 1/5 & 1 & 8 \\ 1 & 1/4 & 1/6 & 1/8 & 1 \end{bmatrix} \end{matrix},
 \end{aligned} \quad (1)$$

Пользуясь матрицами парных сравнений и формулой  $\mu^k(v_i) = \frac{1}{a_{i1}^k + a_{i2}^k + \dots + a_{in}^k}$ , получим:

$$\begin{aligned}
 q_j^1 &= \left\{ \frac{0.058}{v_1}, \frac{0.042}{v_2}, \frac{0.055}{v_3}, \frac{0.11}{v_4}, \frac{0.68}{v_5} \right\}, \\
 q_j^2 &= \left\{ \frac{0.12}{v_1}, \frac{0.033}{v_2}, \frac{0.049}{v_3}, \frac{0.15}{v_4}, \frac{0.59}{v_5} \right\}, \\
 q_j^3 &= \left\{ \frac{0.071}{v_1}, \frac{0.067}{v_2}, \frac{0.067}{v_3}, \frac{0.27}{v_4}, \frac{0.52}{v_5} \right\}, \\
 q_j^4 &= \left\{ \frac{0.18}{v_1}, \frac{0.059}{v_2}, \frac{0.074}{v_3}, \frac{0.39}{v_4}, \frac{0.26}{v_5} \right\}, \\
 q_j^5 &= \left\{ \frac{0.22}{v_1}, \frac{0.065}{v_2}, \frac{0.055}{v_3}, \frac{0.997}{v_4}, \frac{0.39}{v_5} \right\}
 \end{aligned} \quad (2)$$

Для случая равновесных критериев, пользуясь нечеткими множествами  $q_j^1, q_j^2, q_j^3, q_j^4, q_j^5$  и формулой [2], получим:

$$D = \left\{ \frac{0.058}{v_1}, \frac{0.033}{v_2}, \frac{0.049}{v_3}, \frac{0.0997}{v_4}, \frac{0.26}{v_5} \right\}.$$

Множество  $D$  имеет такие значения составляющих, что свидетельствует о явном преимуществе варианта  $v_5$  над всеми другими вариантами, о достаточном преимуществе  $v_4$  над  $v_1, v_2$  и  $v_3$ , а также о преимуществе варианта  $v_1$  над вариантами  $v_3$  и  $v_2$ .

Для случая неравновесных критериев были учтены мнения экспертов – работников гидрометеорологической отрасли. По их мнению, критерий  $q_j^1$  (надежность данных) является наиболее важным наряду с критерием  $q_j^2$  (экономическая эффективность). Ранг критерия

$q_j^3$  (доступ к данным) также имеет достаточно высокую оценку, критерии же управленческого характера – вторичны, поэтому имеют более низкие экспертные оценки.

Экспертным оценкам соответствует следующая матрица парных сравнений:

$$A = \begin{matrix} & q_j^1 & q_j^2 & q_j^3 & q_j^4 & q_j^5 \\ \begin{matrix} q_j^1 \\ q_j^2 \\ q_j^3 \\ q_j^4 \\ q_j^5 \end{matrix} & \begin{bmatrix} 1 & 3 & 4 & 1/5 & 1/6 \\ 1/3 & 1 & 2 & 1/2 & 1/3 \\ 1/4 & 1/2 & 1 & 1/7 & 1/9 \\ 5 & 2 & 7 & 1 & 1/2 \\ 6 & 3 & 9 & 2 & 1 \end{bmatrix} \end{matrix} \quad (3)$$

Ранги критериев  $q_j^1, q_j^2, q_j^3, q_j^4, q_j^5$  после нормировки имеют вид:

$$w_1 = 0.12, w_2 = 0.25, w_3 = 0.51, w_4 = 0.066, w_5 = 0.049.$$

$$\begin{aligned}
 q_j^1 &= \left\{ \frac{0.058^{0.12}}{v_1}, \frac{0.042^{0.12}}{v_2}, \frac{0.055^{0.12}}{v_3}, \frac{0.075^{0.12}}{v_4}, \frac{0.68^{0.12}}{v_5} \right\} = \\
 &= \left\{ \frac{0.71}{v_1}, \frac{0.68}{v_2}, \frac{0.71}{v_3}, \frac{0.73}{v_4}, \frac{0.95}{v_5} \right\},
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 q_j^2 &= \left\{ \frac{0.12^{0.25}}{v_1}, \frac{0.033^{0.25}}{v_2}, \frac{0.049^{0.25}}{v_3}, \frac{0.15^{0.25}}{v_4}, \frac{0.59^{0.25}}{v_5} \right\} = \\
 &= \left\{ \frac{0.59}{v_1}, \frac{0.43}{v_2}, \frac{0.47}{v_3}, \frac{0.62}{v_4}, \frac{0.88}{v_5} \right\},
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 q_j^3 &= \left\{ \frac{0.071^{0.51}}{v_1}, \frac{0.067^{0.51}}{v_2}, \frac{0.67^{0.51}}{v_3}, \frac{0.27^{0.51}}{v_4}, \frac{0.52^{0.51}}{v_5} \right\} = \\
 &= \left\{ \frac{0.26}{v_1}, \frac{0.25}{v_2}, \frac{0.25}{v_3}, \frac{0.51}{v_4}, \frac{0.72}{v_5} \right\},
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 q_j^4 &= \left\{ \frac{0.18^{0.066}}{v_1}, \frac{0.059^{0.066}}{v_2}, \frac{0.074^{0.066}}{v_3}, \frac{0.39^{0.066}}{v_4}, \frac{0.26^{0.066}}{v_5} \right\} = \\
 &= \left\{ \frac{0.89}{v_1}, \frac{0.83}{v_2}, \frac{0.84}{v_3}, \frac{0.94}{v_4}, \frac{0.91}{v_5} \right\},
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 q_j^5 &= \left\{ \frac{0.22^{0.049}}{v_1}, \frac{0.065^{0.049}}{v_2}, \frac{0.055^{0.049}}{v_3}, \frac{0.0997^{0.049}}{v_4}, \frac{0.39^{0.049}}{v_5} \right\} = \\
 &= \left\{ \frac{0.93}{v_1}, \frac{0.87}{v_2}, \frac{0.87}{v_3}, \frac{0.89}{v_4}, \frac{0.95}{v_5} \right\}.
 \end{aligned}$$

Пересечение этих нечетких множеств с учетом рангов критериев имеет вид:

$$D = \left\{ \frac{0.26}{v_1}, \frac{0.25}{v_2}, \frac{0.25}{v_3}, \frac{0.51}{v_4}, \frac{0.72}{v_5} \right\},$$

что свидетельствует о явном преимуществе варианта  $v_5$  над вариантами  $v_1, v_2$  и  $v_3$ , а также он налицо небольшого преимущества варианта  $v_5$  над  $v_4$ .

Таким образом, в обоих случаях равновесных и неравновесных критериев, явное преимущество отдается варианту системы  $v_5$ . Поскольку имеется заметная

близость варианта  $v_4$  к явному лидеру – системе  $v_5$ , рассмотрим вложенные групповые критерии и проведем соответствующие исследования.

С целью оценки уровня согласованности мнений экспертов, был проведен предварительный экспертный опрос, где выявились следующие тенденции.

Эксперты, условно обозначенные как А, В, С и D имеют некоторые расхождения в оценках. Ниже приведены ранги оценок:

Для  $A_A$ :  $\tilde{w}_1=0.12$ ,  $\tilde{w}_2=0.24$ ,  
 $\tilde{w}_3=0.5$ ,  $\tilde{w}_4=0.064$ ,  $\tilde{w}_5=0.048$ .

Для  $A_B$ :  $\tilde{w}_1=0.14$ ,  $\tilde{w}_2=0.25$ ,  
 $\tilde{w}_3=0.47$ ,  $\tilde{w}_4=0.061$ ,  $\tilde{w}_5=0.043$ .

Для  $A_C$ :  $\tilde{w}_1=0.11$ ,  $\tilde{w}_2=0.24$ ,  
 $\tilde{w}_3=0.5$ ,  $\tilde{w}_4=0.064$ ,  $\tilde{w}_5=0.048$ .

Для  $A_D$ :  $\tilde{w}_1=0.12$ ,  $\tilde{w}_2=0.19$ ,  
 $\tilde{w}_3=0.54$ ,  $\tilde{w}_4=0.069$ ,  $\tilde{w}_5=0.047$ .

Для оценки согласованности мнений экспертов был рассчитан коэффициент конкордации  $w = 0.81$ , из чего можно сделать заключение о высокой согласованности мнений экспертов.

Следует отметить, что предложенный метод предполагает и уточнение анализа выбора структуры на основе детализации критериев, или анализа критериев в группах.

По группам – явное преимущество по отношению к остальным имеет 1-я группа, а, следовательно, критерии  $q_j^1$ . Критерии 2-ой группы имеют преимущество перед критериями 4-ой и 5-ой групп. В подгруппе 2 критерий  $q_5^2$  имеет преимущество перед критериями  $q_4^2$ ,  $q_3^2$  и  $q_2^2$ , поскольку по временному содержанию данный критерий имеет более длительную составляющую (выплату зарплат служащим), чем однократные вложения средств на переоснащение.

Результаты парных сравнений в группе экономических критериев  $q_j^2$  приведены в следующих выкладках: для случая равновесных критериев пересечение нечетких множеств имеет следующий вид:

$$D = \left\{ \frac{0.04}{v_1}, \frac{0.037}{v_2}, \frac{0.047}{v_3}, \frac{0.044}{v_4}, \frac{0.037}{v_5} \right\}.$$

Преимущество имеет система с ручным вводом данных в гидрометеорологические таблицы ТГМ. Это объясняется отсутствием материальных вложений на конфигурирование такой системы (это совпадает с мнением экспертов), но некоторое преимущество системы  $v_4$  над  $v_1$ ,  $v_2$ ,  $v_5$  все-таки говорит о целесообразности ее проектирования.

Таким образом, для случая неравновесных критериев в подгруппе 2 (экономических критериев) преимущество имеет вариант  $v_1$  (система с управлением сбором гидрометеорологических данных) над вариантами  $v_2$  и  $v_3$ . Кроме того вариант  $v_5$  имеет также высокий уровень преимущества относительно  $v_2$ ,  $v_3$  и менее значительное преимущество над вариантом  $v_4$ .

Парные сравнения в группе критериев, связанных с доступом к данным –  $q_j^3$  приведены ниже. Для случая равновесных критериев пересечение нечетких множеств имеет следующий вид:

$$D = \left\{ \frac{0.047}{v_1}, \frac{0.049}{v_2}, \frac{0.036}{v_3}, \frac{0.11}{v_4}, \frac{0.52}{v_5} \right\}.$$

Следовательно, для случая равновесных критериев в подгруппе 3 (доступ к данным) преимущество имеет вариант  $v_5$  (система с управлением хранением гидрометеорологических данных) над вариантами  $v_1$ ,  $v_2$  и  $v_3$ . Вариант  $v_4$  имеет преимущество относительно  $v_1$ ,  $v_2$ ,  $v_3$ , но в пять раз меньшее, чем вариант  $v_5$ .

Для неравновесных критериев преимущество имеет вариант системы  $v_5$  (система с управлением хранением гидрометеорологических данных) над вариантами  $v_1$ ,  $v_2$  и  $v_3$ . Вариант  $v_4$  имеет также некоторое преимущество относительно  $v_1$ ,  $v_2$ ,  $v_3$ , но менее значимое, чем вариант  $v_5$ . Таким образом, результаты оценок в группе 3 по равновесным и неравновесным критериям совпадают.

#### 4. Перспективы дальнейших исследований

Лидером выбора явился вариант структуры  $v_5$ . Учитывая требования развития автоматизированной отраслевой системы гидрометеорологического мониторинга режимных данных, из дальнейшего рассмотрения выбывают только варианты  $v_2$ ,  $v_3$  (связанные с устаревшими технологическими процессами), остальные, наряду с  $v_5$ , подлежат дальнейшему рассмотрению. Предполагается проведение вероятностного анализа выбранных систем и оценка их с точки зрения надежности.

#### 5. Заключение

Таким образом, произведен выбор оптимальных структур автоматизированной отраслевой системы на основе экспертных оценок и теории нечетких множеств. Выбор производился из пяти вариантов, отобранных экспертами:  $v_1$  – система с управлением датчиками на этапе сбора данных,  $v_2$  – система с визуальным критическим контролем,  $v_3$  – система с ручным вводом данных в ТГМ,  $v_4$  – система с автоматической фильтрацией данных (без ручного внесения изменений),  $v_5$  – система с возможностью выбора подсистемы хранения.

Рассчитан коэффициент конкордации, дающий основание считать оценки экспертов согласованными, при полученном значении  $w=0.81$ .

Новизной приведенного метода является классификация критериев по группам, а также уточнение (детализация критериев в группах). Таким образом, при выборе оптимальных структур автоматизированной отраслевой системы произведен учет не только глобальных критериев, но и уточненных критериев в группах. Это позволило получить три основных варианта структур системы для дальнейшего анализа:  $v_5$  – система с возможностью выбора подсистемы хранения,  $v_4$  – система с автоматической фильтрацией данных (без ручного внесения изменений),  $v_1$  – система с управлением датчиками на этапе сбора данных. Следует отметить, что явным лидером выбора явился вариант  $v_5$ . Но, учитывая требования развития автоматизированной отраслевой системы гидрометеорологического мониторинга режимных данных, из дальнейшего рассмотрения выбывают только варианты  $v_2$ ,  $v_3$ , остальные, наряду с  $v_5$ , подлежат дальнейшему рассмотрению.

## Література

1. Доронина Ю.В. Автоматизация процесса контроля гидрометеорологических данных /Ю.В.Доронина//Оптимизация производственных процессов: Сб.науч.тр.Вып.5./ Севастоп. нац. техн. ун-т; Редкол.:В.Я.Копп (отв.ред.) и др. – Севастополь: Изд-во СевНТУ, 2002. – 228 с., С.219– 221.
2. Ротштейн О.П., Петух А.М. Варіантний аналіз на базі нечітких парних порівнянь: методика та застосування на прикладі порівняння семіотичних систем /О.П. Ротштейн, А.М. Петух, М.І.Петренко// Вимірювальна обчислювальна техніка в технологічних процесах. - 1998. – №2. – С. 17 – 24.

УДК 33.658

*У даній статті висвітлена роль стратегічного потенціалу як аспекту економічної безпеки автотранспортних підприємств. Економічна безпека підприємства – це захищеність його економічних інтересів від внутрішніх та зовнішніх загроз*

*Ключові слова: економічна безпека, автотранспортне підприємство*

*В данной статье освещенная роль стратегического потенциала как аспекту экономической безопасности автотранспортных предприятий. Экономическая безопасность предприятия – это защищенность его экономических интересов от внутренних и внешних угроз*

*Ключевые слова: экономическая безопасность, автотранспортное предприятие*

*In this article the lighted up role of strategic potential as to the aspect of economic security of motor transport enterprises. Economic security of enterprise is protected of it economic interests from internal and external threats*

*Keywords: economic security, motor transport enterprise*

# СТРАТЕГІЧНИЙ ПОТЕНЦІАЛ АВТО- ТРАНСПОРТНОГО ПІДПРИЄМСТВА ЯК АСПЕКТ ЙОГО ЕКОНОМІЧНОЇ БЕЗПЕКИ

**В.В. Попова**

Кандидат економічних наук, доцент, завідувача  
кафедрою

Кафедра економіки підприємства  
Державна академія статистики, обліку та аудиту  
вул. Підгірна, 1, м. Київ, 04107

## Вступ

Автомобільний транспорт відіграє важливу роль у роботі господарського комплексу країни. Завдяки високій маневреності автомобілів є можливість переправляти вантажі безпосередньо від складу відправника до складу отримувача без перевантажень з одного виду транспорту на інший, які можуть дорого коштувати. Високі швидкості руху на удосконалених дорогах дозволяють більш швидко доставляти і пасажирів, і вантажі до кінцевого пункту.

В наш час автотранспортному підприємству доводиться працювати у складному і мало прогнозованому середовищі, яке потребує від підприємства постійної роботи над удосконаленням прийняття управлінських рішень щодо забезпечення його економічної безпеки.

## Постановка проблеми

У ринкових умовах господарювання автотранспортне підприємство як відкрита система функці-